

Badania właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni betonowych oraz metody poprawy tych właściwości

Wprowadzenie

Już od wielu lat toczy się w Polsce dyskusja dotycząca badań właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni drogowych, w tym również coraz częściej stosowanych nawierzchni betonowych z częściowo odkrytym kruszywem (niem.: *Waschbeton*, ang.: *Exposed aggregate concrete*). Obowiązujące dokumenty odniesienia związane z tematyką [1-4], a dotyczące wymagań względem właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni drogowych od początku budziły i wciąż budzą wiele wątpliwości zarówno co do wymaganych procedur pomiarowych jak i możliwości spełnienia podanych w nich wymagań. W ostatnim czasie problem ten nabral szczególne znaczenia z uwagi na zmieniające wymagania prawne oraz niejasną sytuację związaną ze sprzętami pomiarowymi.

W artykule przedstawiono metodykę oceny właściwości przeciwpoślizgowych nawierzchni drogowych w Polsce na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat oraz sposoby poprawy tych właściwości, celem spełnienia aktualnych wymagań odbiorowych i wymagań przed upływem okresu gwarancyjnego.

Badania makrotekstury

Pierwszym dokumentem prawnym w Polsce, w którym zostały określone metody badań właściwości przeciwpoślizgowych dla autostrad płatnych (makrotekstury, współczynnika tarcia) było *Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 14 maja 1997 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących autostrad płatnych* [1], zastąpione później *Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z dnia 16 stycznia 2002 r.* [2] bez jakichkolwiek zmian w zakresie właściwości przeciwpoślizgowych.

Zgodnie z rozporządzeniem [2], badania właściwości przeciwpoślizgowych w odbiorze ostatecznym nawierzchni autostrady polegają na pomiarze głębokości makrotekstury TD oraz współczynnika tarcia. Jeżeli zmierzona głębokość makrotekstury

jest mniejsza od niższej wartości progowej określonej w rozporządzeniu [2], to odbiór kończy się wynikiem negatywnym, jeżeli zaś jest wyższa od większej wartości progowej, to odbiór kończy się wynikiem pozytywnym. W przypadku, gdy mieści się ona między wartościami progowymi, należy wykonać pomiary współczynnika tarcia.

Badanie głębokości makrotekstury TD powinno być wykonane metodą równoważną metodzie piasku kalibrowanego. Niestety wzór podany w rozporządzeniu [2] nie dotyczy metody objętościowej pomiaru makrotekstury ($TD = 2,3 * RMS - 0,2$ [mm]), a określenie „metodą równoważną” może sugerować np. metodę profilometryczną, która w tamtym okresie nie była stosowana w Polsce. Metoda piasku kalibrowanego zaś nie była w Polsce metodą normową. Wykonywano badania metodą piasku kalibrowanego według takich dokumentów, jak: norma brytyjska BS 598:Part 105, amerykańska ASTM E 956-87 oraz Instrukcja IBDiM nr 4 z 1977 r., w których warunki badania nie były równoważne, co powodowało wiele dyskusji podczas badań odbiorowych. Badania według przywołanych dokumentów technicznych były wykonywane za pomocą piasków kalibrowanych o różnym uziarnieniu i właściwościach jakościowych.

Pomimo upływu kilkunastu lat, sytuacja w Polsce, w ramach oceny makrostruktury nawierzchni, nie uległa znaczącej poprawie. Obecnie badania wykonuje się według następujących norm:

- PN-EN 13036-1:2010 [18], w której opisano metodę pomiaru średniej głębokości makrotekstury powierzchni nawierzchni MTD, polegającą na pomiarze obszaru pokrycia powierzchni materiałem o znanej objętości – szklanych kuleczek (rys.1)
- PN-EN 13036-6:2008 [19], w której podano laserowe metody pomiarowe, używane przez niektóre laboratoria do określania parametru RMS, który następnie jest wstawiany do wzoru określającego głębokość makrotekstury TD, podanego w rozporządzeniu [2]
- PN-EN ISO 13473-1:2005 [20], w której podano metodę badania określającą średnią głębokość makrostruktury nawierzchni przez zmierzenie profili krzywizny powierzchni i wyliczenie głębokości struktury z tego profilu, aby przewidywać wartość średniej głębokości; metoda laserowa pomiaru średniej głębokości profilu MPD, który może służyć do opcjonalnego obliczenia szacowanej głębokości tekstury ETD za pomocą wzoru podanego w tej normie ($ETD = 0,2mm + 0,8 * MPD$).

Zgodnie z zapisami w normie PN-EN ISO 13473-1 [20], obliczone wartości ETD powinny być zbliżone do oznaczonych wartości MTD zgodnie z normą PN-EN 13036-1 [18]. Niestety, w praktyce nie zawsze tak jest, również przy porównywaniu wyni-

Rys. 1. Pomiar średniej głębokości makrotekstury powierzchni nawierzchni metodą objętościową z użyciem szklanych kulek
[Źródło: Archiwum TPA]



ków badań MTD z wynikami pomiarów wg normy PN-EN 13036-6 [19].

Zupełnie niezrozumiałym jest również wprowadzenie do rozporządzenia [2] zapisów o konieczności obliczania miarodajnej głębokości makrotekstury, która nie pojawia się w żadnym przywołanym powyżej dokumencie technicznym.

Badania współczynnika tarcia

Opisane powyżej niejednoznaczności związane z badaniami makrotekstury skutkują w większości przypadków koniecznością obligatoryjnego wykonywania badań współczynnika tarcia, które zgodnie z rozporządzeniem [2] powinny być wykonywane jedynie wówczas, gdy zmierzone głębokości makrotekstury mieszczą się między wartościami progowymi. Pomiar współczynnika tarcia powinien być wykonywany przy użyciu opony rozmiaru 5,60S x 13 z bieżnikiem D-97, w domyśle z użyciem przyczepki SRT-3 (przy 100% poślizgu opony).

Drugim dokumentem prawnym w Polsce, w którym została określona metoda badań właściwości przeciwpoślizgowych (współczynnika tarcia) dla dróg publicznych, w tym również dla autostrad, było *Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie* [3]. Zgodnie z tym dokumentem, badanie właściwości przeciwpoślizgowych powinno polegać na pomiarze współczynnika tarcia przy użyciu opony bezbieżnikowej rozmiaru 5,60S x 13, w domyśle z użyciem przyczepki SRT-3 (przy 100% poślizgu opony).

Opony wskazane w przywołanych rozporządzeniach [2 i 3] zostały błędnie opisane, co dowiedziono w ekspertyzach SITK – w rozporządzeniu z 1999 r. [3] powinna być wpisana opona „bezbieżnikowa rowkowana o wymiarach 165 R 13”, zaś opona przywołana w rozporządzeniu z 2002 r. [2] to w rzeczywistości „opona z tzw. bieżnikiem generalskim, produkcji Stomil Olsztyn”. W zestawach SRT-3 używanych do badań już pod koniec lat 90., były powszechnie używane zupełnie inne opony, czyli opony handlowe Barum Bravura.

W 2015 r. ukazało się nowe rozporządzenie dla dróg publicznych, *Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lutego 2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie* [4], w którym przedstawiono m.in. metodę oceny właściwości przeciwpoślizgowych z wykorzystaniem urządzenia o pełnej blokadzie koła (czyli SRT-3) z oponą testową rowkowaną rozmiaru 165 R 15, zalecaną przez PIARC. W rozporządzeniu [4] znalazł się co prawda zapis, że można stosować inną wiarygodną metodę równoważną, jeśli dysponuje się sprawdzoną zależnością korelacyjną umożliwiającą przeliczenie wyników pomiarów na wartości uzyskiwane zestawem o pełnej blokadzie koła. Takie próby były już w przeszłości podejmowane przez IBDiM (próba korelacji niemieckiej metody SKM (rys.3) i polskiej SRT-3). Jednak wątpliwości budzi nie tylko u inżynierskiego, ale również z naukowego punktu widzenia porównywanie ze sobą całkowicie odmiennych metod pomiarowych, na wyniki których wpływ ma tak wiele różnych czynników zewnętrznych.



Zupełnie niezrozumiałe, podobnie jak w przypadku makrotekstury, są również zapisy we wszystkich wymienionych rozporządzeniach na temat konieczności obliczania miarodajnego współczynnika tarcia, podczas gdy powszechnie na świecie stosuje się wartości średnie (np. SKM lub SCRIM).

Niestety, zmiana opony pomiarowej na oponę PIARC nie rozwiązała problemów z uzyskiwaniem wymaganych w rozporządzeniach [2, 4] wartości współczynnika tarcia. Branża drogowa coraz częściej zgłasza swoje zastrzeżenia odnośnie zawyżonego poziomu wymagań (m.in. dla nawierzchni betonowych z odkrytym kruszywem) i ich nieuzasadnionego podwyższania (m.in. dla dróg klasy S), metodyki badawczej stosowanej w Polsce (pomiar z pełną blokadą koła pomiarowego, gdy większość pojazdów ma już system ABS) oraz stosowania kolejnych współczynników dla różnych opon pomiarowych używanych do badań na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat (Barum Bravura, Barum Bravuris (rys. 2-3), PIARC).

Wydaje się, że w najbliższym czasie powinien zostać przeprowadzony program badawczy, którego celem będzie ustalenie realnego i bezpiecznego poziomu wymagań właściwości przeciwpoślizgowych, na podstawie którego zostaną wskazane alternatywne urządzenia pomiarowe do pomiaru tych właściwości w Polsce. W innym przypadku może dochodzić do nieporozumień i nieprawidłowości, których konsekwencją może być konieczność wykonywania zabiegów poprawiających właściwości przeciwpoślizgowe nie tylko na użytkowanych już

Rys. 2. Pomiar współczynnika tarcia metodą SRT-3
[źródło: archiwum TPA]



Rys. 3. Pomiar współczynnika tarcia metodą SKM
[źródło: archiwum TPA]

nawierzchniach, ale być może również na nowo powstających nawierzchniach podczas odbiorów.

Metody poprawy właściwości przeciwpoślizgowych

Właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni powinny być zapewniane poprzez uzyskanie odpowiedniej szorstkości, polegającej na nadaniu wymaganej głębokości makrotekstury nawierzchni betonowej na jednym z ostatnich etapów jej wykonywania. Teksturę powierzchni uzyskuje się najczęściej, stosując stalowe szczotki lub odkrywając część kruszywa poprzez opóźnienie wiązania cementu (technologia nawierzchni betonowej dwuwarstwowej z eksponowanym kruszywem [11,12] jest obecnie wymagana w Polsce dla kategorii ruchu KR5÷KR7).

Teksturowanie jest zabiegiem powierzchniowym nawierzchni betonowej, a tekstura ulega pogorszeniu podczas użytkowania ze względu na oddziałujące czynniki ruchu (ścieranie przez opony pojazdów pod

wplywem ruchu, hamowanie pojazdów, samochody przeciążone itp.) i środowiska (zimowe środki utrzymania dróg, zamrażanie i rozmrażanie wody w porach betonu itp.). Stąd też po określonym czasie użytkowania zachodzi konieczność uszorstniania eksploatowanych nawierzchni [13]. Istnieje kilka metod poprawy właściwości przeciwpoślizgowych, z których do najpopularniejszych i najbardziej efektywnych należą wymienione poniżej.

• Śrutowanie – tak zwany „shot blasting”

Metoda, która polega na usuwaniu warstwy powierzchniowej betonu za pomocą „wystrzeliwanych” z dużą prędkością metalowych kulek (śrutu) ze specjalnej dyszy maszyny śrutującej. Uzyskaną tą metodą teksturę przedstawiono na rys. 4 [14]. Charakteryzuje się ona zróżnicowanym rozwinięciem powierzchni, różnica między wierzchołkami może wynosić około 7÷10 mm. Uzyskany profil można różnie kształtować, w zależności od wielkości i kształtu zastosowanego ścierniwa [5, 7].

• Działanie wody pod wysokim ciśnieniem – „water blasting”

Zabieg polega na teksturowaniu powierzchni betonu poprzez działanie wody pod wysokim ciśnieniem (do 2500 bar). Wypłukany materiał i zużyta woda, powstająca podczas uszorstniania, jest równocześnie odsysana przy pomocy specjalnego odkurzacza, pozostawiając powierzchnię czystą i prawie suchą. Wygląd tekstury powierzchni uzyskanej tą metodą przedstawiono na rys. 5.

• Mikrofrezowanie – „diamond grinding”

Metoda polega na mikrofrezowaniu nawierzchni betonowej przy zastosowaniu maszyny wyposażonej w głowice z regulowanym zestawem tarcz diamentowych. Usuwana jest w ten sposób cienka warstwa powierzchni betonu (na ogół 2÷4 mm z możliwością do 8 mm) i nadawana charakterystyczna tekstura najczęściej w kierunku podłużnym (szerokość nacięć wynosi od 2 do 4 mm), przedstawiona na rys. 6 [15], co poprawia współczynnik tarcia i równość nawierzchni [8].

• Rowkowanie – „diamond grooving”

Metoda znana pod nazwą „grooving” wykonywana jest z zastosowaniem podobnych maszyn jak do „grindingu”, jednak rozstaw pomiędzy tarczami diamentowymi jest znacznie większy, nawet sześciokrotnie, w porównaniu z metodą „grinding”. Tworzenie rowków, kanałów o szerokości nacięć 3÷7 mm (przedstawionych na rys. 7 [16]) w nawierzchni betonowej, powoduje bardzo dobre odprowadzenie wody i redukcję zjawiska aquaplaningu, jednak podnosi „hałaśliwość” nawierzchni. Metoda zalecana jest na nawierzchniach lotniskowych. Standardowy kształt rowków jest prostokątny, ale może być również trapezowy (lepsze odprowadzenie wody w porównaniu z prostokątnym kształtem). Wadą tej metody, ze względu na usuwanie warstwy powierzchni betonu (ok. 4÷6 mm), jest konieczność ponownego wypełnienia i wykonania szczelin dylatacyjnych. Rowkowanie można wykonywać zarówno w kierunku podłużnym (przy dużych spadkach), jak i poprzecznym (lepsze odprowadzenie wody) [9].

• Metoda hybrydowa – „grinding+ grooving”

Metoda zaliczana do „Next Generation Concrete Surface NGCS”, w której uzyskana tekstura (rys. 8, [17]) jest wynikiem połączenia zabiegu „grindingu”



Rys. 4. Tekstura uzyskana poprzez śrutowanie powierzchni betonu [źródło: www.obrobka-betonu.pl]



Rys. 5. Tekstura powierzchni uzyskana w wyniku działania wody pod ciśnieniem [źródło: Archiwum TPA]

Rys. 6. Efekt mikrofrezowania na powierzchni betonu [źródło: www.bik-stroy.ru]



z podłużnym rowkowaniem („grooving”). Metoda łączy w sobie zalety obu tych technologii. Uszorstnienie nawierzchni metodą hybrydową może być wykonane dwoma sposobami. Pierwszym sposobem jest wykonanie „grindingu” i „groovingu” podczas jednego przejazdu maszyny, a drugi sposób polega na wykonywaniu najpierw zabiegu „grindingu” (w pierwszym przejeździe maszyny), a następnie wykonanie zabiegu „groovingu”. Oba sposoby są uważane za równoważne pod względem uzyskanego efektu polegającego na poprawie szorstkości. Zabieg uszorstnienia nawierzchni metodą hybrydową wykonuje się w kierunku podłużnym [10].

Podsumowanie

Możliwe jest uzyskanie odpowiedniej tekstury powierzchni nawierzchni betonowej nie tylko podczas jej realizacji, ale nawet po długim okresie eksploatacji nawierzchni. Dobierając technologię obróbki powierzchni betonu, na przykład w celu poprawy właściwości przeciwpoślizgowych, należy uwzględnić – poza wymaganymi końcowymi parametrami tekstury (makro- i mikrotekstury) – także stopień agresywności danej metody obróbki, jej wpływ na trwałość nawierzchni jak również aspekty ekonomiczne [6]. Potwierdzenie wymaganych parametrów jakości powierzchni decydujących o właściwościach przeciwpoślizgowych powinno być kluczowe ze względów bezpieczeństwa użytkowników dróg. Stąd tak ważnym jest przyjęcie odpowiednich metod oceny tych właściwości ściśle powiązanych z kryteriami zgodności i wymaganiami stawianymi nawierzchniom betonowym.

mgr inż. Sebastian Witczak
dr inż. Małgorzata Konopska-Piechurska
TPA Sp. z o.o.,
dr inż. Wioletta Jackiewicz-Rek
Politechnika Warszawska

Literatura

- 1 Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 14 maja 1997 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących autostrad płatnych (Dz.U. 1997 nr 62 poz. 392);
- 2 Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 16 stycznia 2002 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dotyczących autostrad płatnych (Dz. U. 2002 nr 12, poz. 116, który zastąpił Dz. U. 1997 nr 62, poz. 392);
- 3 Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. 1999 nr 43, poz. 430);
- 4 Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 17 lutego 2015 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie (Dz. U. 2015 nr 0, poz. 329 oraz tekst jednolity Dz. U. 2016 nr 0, poz. 124);
- 5 Platin C., Georgouli K., Papadimitriou F., Loizos A., „Performance of shotblasting as a pavement preservation technique”, TRB 2014 Annual Meeting;
- 6 Courard L., Garbacz A., Inżynieria powierzchni betonu, Część 1, Struktura geometryczna powierzchni, Materiały budowlane nr 9, 2006;
- 7 Courard L., Garbacz A., Inżynieria powierzchni betonu, Część 2, Struktura geometryczna powierzchni, Materiały budowlane nr 12, 2006;



Rys. 7. Rowki i kanały w nawierzchni powstałe w wyniku rowkowania powierzchni betonu [źródło: www.nasa.gov]

- 8 Correa A., Wong B., Concrete Pavement Rehabilitation – Guide for Diamond Grinding, Federal Highway Administration, Technical Report 2001;
- 9 Diamond Grinding and Grooving, Presentation CP Tech Center;
- 10 Development and Implementation of the Next Generation Concrete Surface, 2016 Report-Living Document, IGGA/ACPA 2016;
- 11 Jackiewicz-Rek W., Konopska-Piechurska M., Rozwój technologii nawierzchni betonowych – doświadczenia krajowe, Magazyn Autostrady, 2013;
- 12 Jackiewicz-Rek W., Konopska-Piechurska M., Zrównoważony rozwój technologii nawierzchni betonowych – aspekty funkcjonalne, Konferencja Dni Betonu, 2012;
- 13 Jackiewicz-Rek W., Konopska-Piechurska M., Załęgowski K., Garbacz A., Uszkodzenia i naprawy nawierzchni betonowych, Inżynier Budownictwa 1, 2016;
- 14 <http://www.obrobka-betonu.pl/oferta/srutowanie/>, 10.04.2017;
- 15 <http://www.bik-stroy.ru/articles/beton-ili-asfalt.111.html>, 05.04.2017;
- 16 <https://www.nasa.gov/offices/oct/40-years-of-nasa-spinoff/safety-grooving>, 04.04.2017;
- 17 <https://www.igga.net>, 03.04.2017;
- 18 PN-EN 13036-1:2010 – wersja angielska, Cechy powierzchniowe nawierzchni drogowych i lotniskowych. Metody badań. Część 1: Pomiar głębokości makrotekstury metodą objętościową;
- 19 PN-EN 13036-6:2008 – wersja angielska, Właściwości nawierzchni drogowych i lotniskowych. Metody badań. Część 6: Pomiar poprzecznych i podłużnych profili w zakresie długości fali równości i megatekstury;
- 20 PN-EN ISO 13473-1:2005 – wersja angielska, Charakterystyka struktury nawierzchni przy użyciu profili powierzchniowych. Część 1: Określenie średniego profilu głębokości.

Rys. 8. Tekstura powierzchni uzyskana w wyniku połączenia zabiegu „grindingu” i rowkowania [źródło: www.igga.net]

